

Normas DRIS Multivariadas para Avaliação do Estado Nutricional de Pimenta-Longa

Introdução

O gênero *Piper* contém mais de mil espécies que se distribuem no sub-bosque e na vegetação secundária de florestas tropicais, principalmente na Ásia e América Tropical (WADT et al., 2004). Na Amazônia Sul-Occidental o gênero *Piper* também é abundante, destacando-se entre as espécies conhecidas a pimenta-longa (*P. hispidinervum*), cujo principal produto comercial é o safrol. Sua produtividade depende da produção de biomassa, do teor de óleo essencial na biomassa e do teor de safrol no óleo essencial.

Em condições naturais, a variabilidade do teor de safrol no óleo essencial é baixa, com coeficiente de variação de 2,58% (MIRANDA, 2001). No outro extremo, a produção de biomassa tem variado sob diferentes condições experimentais de 799 kg ha⁻¹ (SILVA et al., 2001) a 7.153 kg ha⁻¹ (FIGUEIREDO et al., 2001).

A disponibilidade de nutrientes está entre os fatores determinantes da variabilidade de produção de biomassa pela pimenta-longa. Sousa et al. (2001) relatam resposta da pimenta-longa à aplicação de fósforo, de potássio na presença de calagem e de nitrogênio na ausência de calagem. Por sua vez, Wadt e Pacheco (2006) destacam que a adubação nitrogenada não proporcionou maior produção da biomassa de pimenta-longa, provavelmente devido a outros fatores limitantes, dentre os quais poderia ser qualquer outro nutriente essencial.

Normas DRIS multivariadas

Uma alternativa para melhorar o manejo da adubação da pimenta-longa está na avaliação correta do estado nutricional, e para isso, há necessidade de padrões nutricionais que permitam realizá-la. A ausência desses padrões é um dos principais gargalos para a melhoria do manejo da adubação em várias culturas (PARENT, 2011).

Com o objetivo de suprir essa deficiência, a Embrapa Acre desenvolveu um conjunto de normas DRIS multivariadas para a diagnose do estado nutricional da pimenta-longa (Tabela 1). Essas normas DRIS foram obtidas de um conjunto de 163 acessos de pimenta-longa cultivados no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Acre, calculando-se a média aritmética, o desvio padrão e o número de relações para o conjunto das relações multivariadas de cada um dos nutrientes avaliados (WADT et al., 2011a,b).

60

Circular
Técnica

Rio Branco, AC
Fevereiro, 2012

Autores

**Paulo Guilherme
Salvador Wadt**

Engenheiro-agrônomo,
D.Sc. em Solos e
Nutrição de Plantas,
pesquisador da
Embrapa Acre,
paulo.wadt
@embrapa.br

Lucielio Manoel da Silva

Engenheiro-agrônomo,
M.Sc. em Genética e
Melhoramento
de Plantas, analista da
Embrapa Acre,
lucielio.silva
@embrapa.br

Valdomiro Catani

Químico,
D.Sc. em Química,
analista da Embrapa
Acre,
valdomiro.catani
@embrapa.br

Tabela 1. Normas DRIS multivariadas para N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn, Cu e valor R, em pimenta-longa, adotando-se a transformação logarítmica neperiana para as relações multivariadas.

Nutriente	Média da relação multivariada	Desvio padrão para a relação multivariada
N	3,2457	0,1001
P	0,3492	0,1333
K	2,1812	0,2841
Ca	1,8911	0,1794
Mg	0,5058	0,1786
Zn	-3,3697	0,2034
Fe	-2,7926	0,1394
Mn	-2,9799	0,3412
Cu	-5,3683	0,4561
R	6,3376	0,0919

R = diferença entre 100% e o total de nutrientes identificados na amostra foliar, sendo uma estimativa da matéria seca da amostra.

Avaliação do estado nutricional por meio do DRIS com relações multivariadas

O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS), quando baseado em relações bivariadas, tem sido indicado nos últimos anos como um método promissor para avaliar o estado nutricional das plantas, porém, exige um domínio mais apurado do uso de planilhas eletrônicas ou sistemas computacionais (MOURÃO FILHO, 2004). Por exemplo, para o cálculo do índice DRIS de nove nutrientes são necessárias 1.296 operações matemáticas e, portanto, somente usuários com maior domínio no uso de planilhas eletrônicas ou banco de dados relacionais conseguem realizar os cálculos rapidamente.

Por sua vez, o método da Diagnóstico da Composição Nutricional (CND) (PARENT; DAFIR, 1992), também conhecido como DRIS para relações multivariadas (DRIS_{mv}), apresenta uma enorme simplificação no cálculo do índice DRIS, bastando que se tenha um conjunto de normas preestabelecidas (Tabela 1). Com o DRIS_{mv}, para os mesmos nove nutrientes, são necessárias apenas 41 operações matemáticas na interpretação do estado nutricional das plantas.

Embora ainda muito mais complexo do que o método convencional, baseado na Faixa de Suficiência ou no Nível Crítico que simplesmente compara o valor da análise foliar com o valor padrão para interpretar o estado nutricional, a adoção do DRIS_{mv} simplifica consideravelmente os cálculos envolvidos. Como exemplo, será apresentada a interpretação do estado nutricional de um acesso de pimenta-longa cultivado no Banco de Germoplasma da Embrapa Acre (Tabela 2).

O primeiro passo consiste na transformação dos dados originais em uma única unidade, porcentagem ou mais precisamente em dag kg⁻¹. Para isso, os teores dos macronutrientes (que são apresentados em g kg⁻¹) precisam ser divididos pelo fator 10 e dos micronutrientes (que são apresentados em mg kg⁻¹) divididos pelo fator 10.000, de forma que todos os resultados sejam apresentados em dag kg⁻¹ (Tabela 2).

O próximo passo consiste na determinação do valor R, equivalente a toda biomassa foliar que não corresponde aos nutrientes avaliados, ou seja:

$$R = 100 - (vN + vP + vK + vCa + vMg + vZn + vFe + vMn + vCu)$$

No caso do exemplo, $R = 100 - (3,930 - 0,299 - 1,786 - 0,948 - 0,265 - 0,007 - 0,009 - 0,015 - 0,001) = 92,740$

Conhecido o valor de R, pode-se agora calcular a média geométrica (mGeo) dos teores nutricionais:

$$mGeo = (\nu N \times \nu P \times \nu K \times \nu Ca \times \nu Mg \times \nu Zn \times \nu Fe \times \nu Mn \times \nu Cu \times R)^{(1/10)}$$

Onde: mGeo = raiz de ordem "n" do produto dos teores nutricionais e do valor R; "n" = número de nutrientes + 1. No exemplo, $mGeo = (3,930 \times 0,299 \times 1,786 \times 0,948 \times 0,265 \times 0,007 \times 0,009 \times 0,015 \times 0,001 \times 92,740)^{(1/10)} = 0,188$ (Tabela 2).

Uma vez conhecida a média geométrica, pode-se calcular a relação multivariada, que consiste no logaritmo neperiano do teor do nutriente dividido pela média geométrica:

$$g = \ln(\text{Teor}/mGeo)$$

Onde: g = a relação multivariada de um nutriente qualquer; Teor = a concentração de um nutriente qualquer, em dag kg⁻¹; mGeo = respectiva média geométrica. No exemplo, a relação multivariada para N (gN) é dada pela expressão: $gN = \ln(\nu N/mGeo) = \ln(3,930/0,188) = 3,04$ (Tabela 2).

Tabela 2. Sumário dos cálculos envolvidos para a avaliação do estado nutricional de pimenta-longa a partir da interpretação do teor foliar de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn e Cu.

Nutriente	Unidade	Teor	dag kg ⁻¹	Ln(X/mGeo)	DRIS _{mv}	Potencial de resposta à adubação
N	g kg ⁻¹	39,3	3,930	3,04	-2,06	Maior insuficiência
P	g kg ⁻¹	2,99	0,299	0,46	0,86	Equilibrado
K	g kg ⁻¹	17,86	1,786	2,25	0,25	Equilibrado
Ca	g kg ⁻¹	9,48	0,948	1,62	-1,52	Insuficiência moderada
Mg	g kg ⁻¹	2,65	0,265	0,34	-0,91	Equilibrado
Zn	mg kg ⁻¹	70,26	0,007	-3,29	0,41	Equilibrado
Fe	mg kg ⁻¹	90,7	0,009	-3,03	-1,71	Insuficiência moderada
Mn	mg kg ⁻¹	149,7	0,015	-2,53	1,32	Maior excesso
Cu	mg kg ⁻¹	11,84	0,001	-5,07	0,66	Equilibrado
R	-	-	92,740	6,20	-1,49	-
mGeo	-	-	0,188	-	-	-
IBNm	-	-	-	-	1,08	-

R = diferença entre 100% e o total de nutrientes identificados na amostra foliar, sendo uma estimativa da matéria seca; mGeo = média geométrica; IBNm = índice de balanço nutricional médio.

O mesmo procedimento é repetido para os demais nutrientes, obtendo-se as relações multivariadas de P (0,46), K (2,25), Ca (1,62), Mg (0,34), Zn (-3,29), Fe (-3,03), Mn (-2,53) e Cu (-5,07) e também de R (6,20), que corresponde à matéria seca foliar (Tabela 2). É importante não confundir os valores positivos ou negativos com o equilíbrio nutricional como estado de deficiência ou excesso, já que no caso de relações multivariadas, o valor negativo apenas indica que o nutriente está abaixo ou acima da média geométrica.

O passo seguinte é calcular o índice DRIS_{mv} de cada nutriente, quando então valores negativos indicarão tendência de insuficiência e valores positivos tendência para excesso.

O índice DRIS de cada nutriente é obtido pela fórmula de JONES (1981):

$$I_X = (gX - mx)/sx$$

Onde: I_X = índice DRIS_{mv} de um nutriente qualquer (X); gX = relação multivariada para esse mesmo nutriente (Tabela 2); mx = norma

média da relação multivariada do nutriente X (Tabela 1); e s_x = norma desvio padrão da relação multivariada do nutriente X (Tabela 1).

No exemplo, o índice $DRIS_{mv}$ para N é dado por: $I_N = (3,04 - 3,2457)/0,1001 = -2,06$ (Tabelas 1 e 2).

Para os demais nutrientes, os índices DRIS são: $I_P = 0,86$, $I_K = 0,25$, $I_{Ca} = -1,52$, $I_{Mg} = -0,91$, $I_{Zn} = 0,41$, $I_{Fe} = -1,71$, $I_{Mn} = 1,32$ e $I_{Cu} = 0,66$, além do I_{MS} ($I_{matéria\ seca}$) = $-1,49$ (Tabela 2). Portanto, a ordem de limitação nutricional para essa amostra é:

$N < Fe < Ca < Mg < K < Zn < Cu < P < Mn$

Separação de nutrientes limitantes e não limitantes

Aproveitando-se a determinação do índice $DRIS_{mv}$ de matéria seca (I_{MS}) e a determinação da ordem de limitação, pode-se facilmente separar nutrientes limitantes daqueles não limitantes, conforme proposto por Hallmark et al. (1987).

Nutrientes limitantes são aqueles com valores de índices DRIS negativos e menores que o índice DRIS de matéria seca. No exemplo, os nutrientes N, Fe, Ca e Mg apresentam índice DRIS negativo e os nutrientes N, Fe e Ca apresentam índice DRIS menor do que o I_{MS} , portanto, são considerados limitantes e os demais não limitantes.

Potencial de resposta à adubação

O cálculo do Potencial de Resposta à Adubação tem como finalidade estabelecer um critério objetivo para interpretar o valor do índice DRIS em relação ao estado nutricional da planta. Por esse critério, os índices DRIS são classificados em cinco categorias, associadas a um determinado estado nutricional (WADT, 2005):

a) Maior insuficiência – o nutriente possui alta probabilidade de resposta à correção da deficiência (resposta positiva: p). Nessa situação, apresenta simultaneamente a condição de ser o nutriente com menor valor

para o índice DRIS e com módulo maior do que o índice de balanço nutricional médio (IBNm).

b) Insuficiência moderada – o nutriente apresenta moderada probabilidade de resposta à correção da deficiência (resposta positiva ou nula: pz). Nessa situação, o nutriente deficiente não é o de menor índice DRIS, porém, o seu módulo é maior do que o IBNm.

c) Equilibrado – o nutriente apresenta-se nutricionalmente equilibrado (resposta nula: z), não requerendo mudança na sua disponibilidade para a planta avaliada.

d) Excesso moderado – o nutriente apresenta moderada probabilidade de resposta à correção do excesso (resposta negativa ou nula: nz). Nessa situação, o nutriente em excesso não é o de maior índice DRIS, porém, seu módulo é maior do que o IBNm.

e) Maior excesso – o nutriente apresenta alta probabilidade de resposta à correção do excesso (resposta negativa: n). Nessa situação, o nutriente em excesso corresponde simultaneamente àquele com maior índice DRIS e com módulo maior do que o IBNm.

O IBNm é obtido pela soma aritmética, em módulo, dos índices DRIS de cada nutriente avaliado, dividido pelo número de nutrientes avaliados em uma dada planta ou amostra.

No exemplo da Tabela 2, o IBNm corresponde à média aritmética do somatório do módulo:

$$IBNm = (|I_N| + |I_P| + |I_K| + |I_{Ca}| + |I_{Mg}| + |I_{Zn}| + |I_{Fe}| + |I_{Mn}| + |I_{Cu}|)/9$$

Ou seja:

$$IBNm = (|-2,06| + |0,86| + |0,25| + |-1,52| + |-0,91| + |0,41| + |-1,71| + |1,32| + |0,66|)/9$$

$$IBNm = (2,06 + 0,86 + 0,25 + 1,52 + 0,91 + 0,41 + 1,71 + 1,32 + 0,66)/9$$

$$IBNm = 1,08$$

O índice de balanço nutricional médio corresponde ao desequilíbrio médio dos nutrientes em uma dada situação; nutrientes com índices DRIS negativos, cujo módulo desse mesmo índice seja superior ao IBNm, são potencialmente mais responsivos à adubação (maior insuficiência e insuficiência moderada), e os demais são não responsivos (equilibrados) ou mesmo com possibilidade de resposta negativa (maior excesso ou excesso moderado).

Aplicando-se essas regras aos índices $DRIS_{mv}$, observa-se que N, Ca e Fe apresentam deficiência moderada e, os demais, estado de equilíbrio (Tabela 2). Nesse caso, uma interpretação semelhante à obtida pela separação dos nutrientes em limitantes e não limitantes.

Conclusão

A disponibilização das normas DRIS multivariadas para pimenta-longa permite que a avaliação do estado nutricional dos plantios seja realizada utilizando-se o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação, por meio de cálculos mais simplificados do que com o uso de relações bivariadas, possibilitando um manejo mais eficiente das adubações nos plantios comerciais.

Referências

- FIGUEIREDO, F. J. C.; ROCHA NETO, O. G. da; ALVES, S. de M.; SILVA, E. S. A. Frequência de corte de plantas de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C.DC.) para fins de produção de biomassa, extração de óleo essencial e quantificação de safrol. In: WORKSHOP DE ENCERRAMENTO DO PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS PARA PRODUÇÃO DE SAFROL A PARTIR DE PIMENTA LONGA (*Piper hispidinervum*), 1., 2001, Rio Branco, AC. **Anais...** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2001. p. 57-63. (Embrapa Acre. Documentos, 75).
- HALLMARK, W. B.; WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E.; MOOY, C. J. de; PESEK, J.; SHAO, K. P. Separating limiting from non-limiting nutrients. **Journal of Plant Nutrition**, v.10, n. 9/16, p.1381-1390, 1987.
- JONES, C. A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 12, n. 8, p. 785-794, 1981.
- MIRANDA, E. M. de. Caracterização e avaliação produtiva de uma população nativa de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C.DC.) no seringal Cachoeira, AC. In: WORKSHOP DE ENCERRAMENTO DO PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS PARA PRODUÇÃO DE SAFROL A PARTIR DE PIMENTA LONGA (*Piper hispidinervum*), 1., 2001, Rio Branco, AC. **Anais...** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2001. p. 45-50. (Embrapa Acre. Documentos, 75).
- MOURÃO FILHO, A. A. DRIS: concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 5, p. 550-560, sept./oct. 2004.
- PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 321-334, 2011.
- PARENT, L. E.; DAFIR, M. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 117, n. 2, p. 239-242, mar. 1992.
- SILVA, E. S. A.; ROCHA NETO, O. G. da; FIGUEIREDO, F. J. C. Crescimento e produção de óleo essencial de Pimenta Longa (*Piper hispidinervum* C.DC.) sob diferentes condições de manejo, no município de Igarapé-Açu, PA. In: WORKSHOP DE ENCERRAMENTO DO PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS PARA PRODUÇÃO DE SAFROL A PARTIR DE PIMENTA LONGA (*Piper hispidinervum*), 1., 2001, Rio Branco, AC. **Anais...** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2001. p. 90-95. (Embrapa Acre. Documentos, 75).

SOUSA, M. de M. M.; LEDO, F. J. da S.; PIMENTEL, F. A. Efeito da adubação e do calcário na produção de matéria seca e de óleo essencial de pimenta-longa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 405-409, mar. 2001.

WADT, L. H. O.; EHRINGHAUS, C.; KAGEYAMA, P.Y. Genetic diversity of "Pimenta Longa" genotypes (*Piper* spp., Piperaceae) of the Embrapa Acre germoplasm collection. **Genetics and Molecular Biology**, v. 27, n. 1, p. 74-82, mar. 2004.

WADT, P. G. S.; SILVA, L. M. da; CATANI, V.; MESSIAS, E. de B.; OLIVEIRA, C. H. A. de. Definição da posição da folha de pimenta longa para avaliação do estado nutricional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., Uberlândia, MG, 2011. **Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas: anais**. [Uberlândia]: SBCS: UFU, ICIAG, 2011. 1 CD-ROM. 4 p.

WADT, P. G. S.; SILVA, L. M.; MESSIAS, E. B. Teores foliares para interpretação do estado nutricional de pimenta longa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., Uberlândia, MG, 2011. **Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas: anais**. [Uberlândia]: SBCS: UFU, ICIAG, 2011b. 1 CD-ROM. 4 p.

WADT, P. G. S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 227-234, 2005.

WADT, P. G. S.; PACHECO, E. P. Efeito da adubação nitrogenada, em diferentes densidades de plantio, na produção de biomassa de Pimenta Longa (*Piper hispidinervum* C.DC.). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 334-340, 2006.

Circular Técnica, 60

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Acre

Endereço: Rodovia BR 364, km 14, sentido Rio Branco/Porto Velho, Caixa Postal 321, Rio Branco, AC, CEP 69900-056

Fone: (68) 3212-3200

Fax: (68) 3212-3284

<http://www.cpfac.embrapa.br>

sac@cpfac.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2012): 200 exemplares



Comitê de publicações

Presidente: Ernestino de Souza Gomes Guarino

Secretária-Executiva: Claudia Carvalho Sena

Membros: Clarissa Reschke da Cunha, Henrique José Borges de Araújo, José Tadeu de Souza Marinho, Maria de Jesus Barbosa Cavalcante, Maykel Franklin Lima Sales, Moacir Haverroth, Rodrigo Souza Santos, Romeu de Carvalho Andrade Neto, Tatiana de Campos

Expediente

Supervisão editorial: Claudia C. Sena/Suely M. Melo

Revisão de texto: Claudia C. Sena/Suely M. Melo

Normalização bibliográfica: Riquelma de S. de Jesus

Tratamento das ilustrações: Bruno Imbroisi

Editoração eletrônica: Bruno Imbroisi